



# IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS NUTRICIONALES PARA UNA ACUICULTURA SUSTENTABLE

Dr. Patricio Dantagnan D. <sup>1,2</sup> - Dr. Aliro Borquez R. <sup>1,2</sup> - Adrián Hernández A. <sup>1,2</sup>

## 1. Grupo de Nutrición en Acuicultura

Escuela de Acuicultura - Universidad Católica de Temuco  
Casilla 15-D

Fono: 56-45-205111 - Fax: 56-45-205503

Web : [www.acuicultura.uct.cl/nutricion](http://www.acuicultura.uct.cl/nutricion)

E-Mail: [dantagna@uct.cl](mailto:dantagna@uct.cl)

## 2. Centro de Genómica Nutricional Agroacuicola (CGNA)

Unidad de Nutrición Acuicola

Claro Solar 835, Piso 6, Of. 602 - Temuco - Chile

Fono: 56-45-747004 - Fax: 56-45-747006

Web : [www.cgna.cl](http://www.cgna.cl)

## ASPECTOS GENERALES

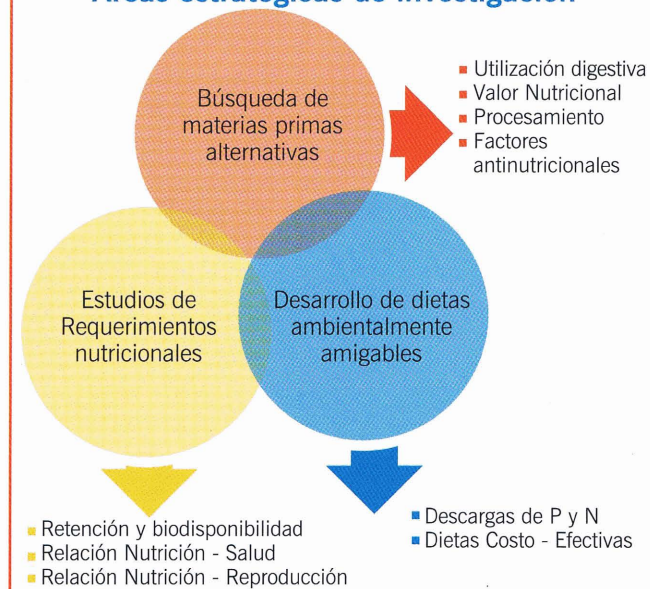
La nutrición y el fortalecimiento larval es un área no suficientemente abordada en Chile, pese a que existe un importante conocimiento científico a nivel mundial, desarrollado principalmente en países donde la industria acuícola se encuentra consolidada. En nuestro país, el conocimiento internacional no necesariamente es aplicable a las condiciones ambientales propias de nuestro territorio, a las especies actualmente cultivadas (trucha y salmón) o a especies nativas que se busca cultivar. La mayoría de las formulaciones utilizadas en la nutrición de las especies se basa en investigaciones realizadas en condiciones no siempre similares a las que se encuentran en nuestras aguas. Este hecho es una de las hipótesis que se plantean para explicar la dificultad en el escalamiento productivo de nuevas especies cultivadas y en los resultados erráticos en la producción de alevines salmonídeos con baja sobrevivencia, mayores costos y menor eficiencia.

Es un hecho que, pasada la actual crisis, la industria nacional de peces de agua dulce (truchas y salmón del atlántico principalmente) tendrá en los próximos años una gran demanda de alevines y smolt, siendo necesario una adecuada producción y abastecimiento de éstos. En este sentido, es preocupante que en la actualidad muchas pisciculturas tengan serios problemas para asegurar una dotación de alta calidad que permita sostener las siguientes etapas del ciclo productivo con bajas mortalidades, óptimos crecimientos y alta resistencia al estrés y a enfermedades. Al respecto, es en las primeras etapas de cultivo donde se define el éxito del ciclo productivo comercial de las especies acuáticas, puesto que en

Año	Especie	Producción de Ovas (Millones)	Cosecha Total (Miles de toneladas)	Nº Ovas/tonelada/ciclo producción
2004	Atlántico	486	349	
	Trucha	124	126	
2005	Atlántico	533	385	
	Trucha	215	122	
2006	Atlántico	671	376	1292
	Trucha	213	150	826
2007	Atlántico	750	331	1610
	Trucha	247	162	1327
2008	Atlántico	765	388	1792
	Trucha	162	149	1429

**Tabla 1.** Producción de ovas, cosecha total y relación Nº de ovas/cosecha total/ciclo de producción (Temporada 2004-2008) (fuente: [www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl))

## Áreas estratégicas de investigación



**Figura 1.** Áreas estratégicas y principales líneas de investigación desarrolladas por el Grupo de Nutrición en Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco

éstas se desarrolla y fortalece el sistema inmune y se generan las capacidades fisiológicas para su posterior madurez. En estas etapas, los peces requieren dietas de la más alta calidad nutricional, no siendo posible llegar a tener adultos saludables si éstos han sido mal nutridos.

A nivel estadístico, la industria del cultivo de salmones muestra en la etapa de alevines una sobrevivencia que oscila entre un 30 y un 90%, en un mismo centro. Esto ha llevado a invertir en mayor infraestructura (mayor producción de alevines), tratamiento de enfermedades (más tratamientos y menos prevención) y manejo en general. En el mismo sentido y de acuerdo a información del servicio nacional de pesca ([www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)), la cantidad de ovas por tonelada de salmónido producido se ha incrementado en un 40 % en los últimos años. En el año 2004 se requirió producir 486.000.000 de ovas para una cosecha total de 376.000 toneladas de salmón en el 2006. Es decir, 1.292 ovas por tonelada de producción. La cosecha 2008 requirió 1.792 ovas por tonelada de producción (Tabla 1).

El análisis de estos datos revela que un mejoramiento de la eficiencia en la producción de alevines en la fase de agua dulce,





**Figura 2.** Estanques utilizados para pruebas de alimentación en alevines en las instalaciones de la UCT.

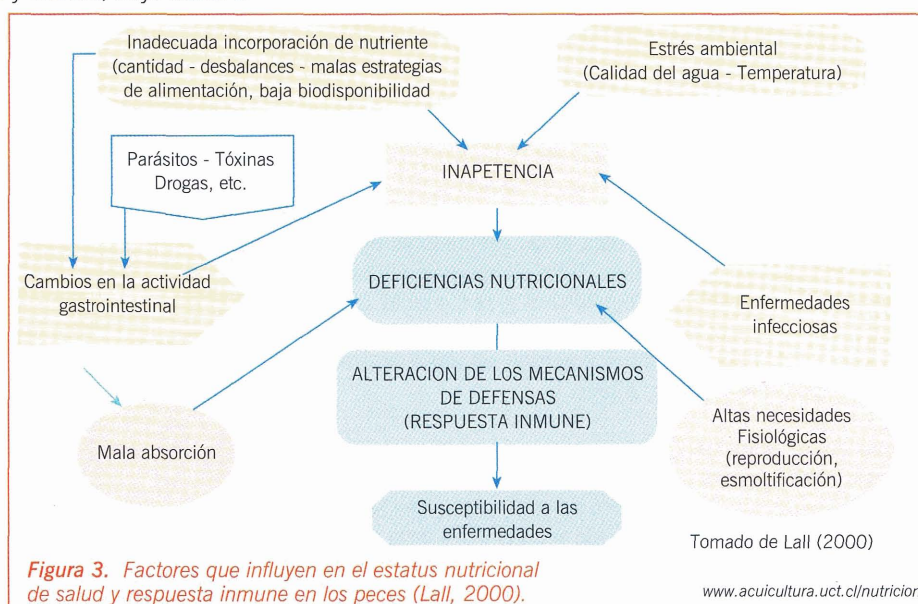
contribuiría a reducir la inversión en la generación de nuevas pisciculturas y disminuir el costo del tratamiento de enfermedades que, en la actualidad, reportan para la industria pérdidas de alrededor de 150 millones de dólares anuales o más. Estos hechos hacen imprescindible generar dietas nutricionalmente balanceadas para todas las fases del ciclo productivo (reproductores, alevines y smolt), que den cuenta de las necesidades fisiológicas que permitan superar los niveles de sobrevivencia, principalmente en las primeras etapas de la fase de agua dulce.

En este sentido, la industria salmonera, así como los nuevos desafíos con nuevas especies de peces marinos que el país está abordando, necesita realizar una fuerte innovación que permita generar las condiciones óptimas para una acuicultura sustentable. Esta innovación debe considerar un aumento de la investigación científica y del desarrollo biotecnológico para resolver los problemas que actualmente la afectan sin depender de los resultados de investigaciones realizadas en otros países. Las estrategias hasta ahora ocupadas en la industria salmonera han sido básicamente el uso de dietas medicadas, tratamientos de enfermedades (mediante el uso de antibióticos) y uso y desarrollo de vacunas preventivas (principalmente en juveniles y adultos) cuyo efecto a largo plazo ha sido cuestionado en tanto su eficiencia productiva e impacto ambiental, mientras que en el caso de los peces marinos, los estudios biológicos de base prácticamente no existen, lo cual en muchos casos ha contribuido a retardar los escalamientos productivos de estas nuevas especies. Las mejoras en el crecimiento y condición general de los peces no han sido optimizadas suficientemente y adicionalmente, los programas de desarrollo genético, pudiendo ser eficaces, han tenido un efecto aislado e insuficiente para lograr la alta productividad que la industria requiere. Además, el tema nutricional ha sido escasamente investigado en nuestro país. No se han desarrollado programas de investigación ni programas de postgrado que cuenten con suficiente equipamiento, infraestructura e

investigadores especialistas en el tema. En el mismo sentido, se requiere fortalecer las investigaciones sobre requerimientos nutricionales de las especies, validar nuevas materias primas e insumos nutricionales disponibles en el mercado, evaluar el impacto ambiental, respuesta inmune y resistencia a enfermedades y correlacionar los efectos de éstas con otras variables como la calidad del agua o la genética. De acuerdo a esto, el grupo de nutrición en Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco ha definido tres áreas estratégicas de desarrollo en el tema nutricional, con líneas específicas de investigación (Figura 1), en cada una de las cuales existen actualmente varios proyectos de I+D ([www.acuicultura.uct/nutricion.cl](http://www.acuicultura.uct/nutricion.cl)), orientadas a contribuir al desarrollo de la investigación en nutrición de peces en nuestro país.

Hasta ahora, las alternativas utilizadas para optimizar la producción han sido principalmente, la farmacológica y el establecimiento de algunos programas genéticos. Sin embargo, si el conocimiento generado por los estudios nutricionales se abordaran desde una perspectiva amplia, estos pueden contribuir al desarrollo de una industria mas eficiente y sustentable, para esto es vital la asociación con otras disciplinas de la ciencia, como la biología molecular, la inmunología, la genética, la nanotecnología, u otras.

Las diferentes etapas de vida de los peces y los diferentes cambios fisiológicos que ellos experimenta durante su vida tienen altas y específicas demandas nutricionales que requieren dietas artificiales de calidad nutricional adecuadas a cada fase de su ciclo. Los ingredientes utilizados en la formulación deben mantener el balance de minerales, aminoácidos, ácidos grasos esenciales y vitaminas para cubrir todas las demandas de los organismos, incluido el fortalecimiento del sistema inmunológico. Aunque son numerosos los factores que influyen en la mayor o menor susceptibilidad de las especies a las enfermedades, dos son los más importantes: la deficiencia nutricional generada por estrés ambiental y la inadecuada incorporación de nutrientes en las dietas. En ambos casos se puede llegar a producir una inapetencia generalizada que provoque un desbalance nutricional, debilitando el sistema inmunológico de los peces con las consecuencias ya señaladas (Figura 3).



**Figura 3.** Factores que influyen en el estatus nutricional de salud y respuesta inmune en los peces (Lall, 2000).

[www.acuicultura.uct.cl/nutricion](http://www.acuicultura.uct.cl/nutricion)





Figura 4. Laboratorio de análisis para apoyo de los estudios nutricionales en la Universidad Católica de Temuco.

## ROL DE LOS ACIDOS GRASOS EN LAS DEFENSAS DE LO PECES

Un tema que actualmente ha sido objeto de investigación a nivel mundial en la nutrición de peces es la relación nutrición-salud. Los resultados muestran que una buena nutrición inicial repercute en peces más saludables, con un sistema inmunológico más reforzado y mejor preparados para diferentes situaciones de estrés durante el ciclo productivo. En la producción de animales terrestres y acuáticos son numerosos los aditivos de diverso origen que han sido ampliamente utilizados para fortalecer las defensas de los organismos. Sin embargo, su incorporación y evaluación en dietas para peces es una línea de trabajo aún en desarrollo para la acuicultura.

En la misma línea, existe un incipiente desarrollo que busca adecuar los balances nutricionales y estudiar los requerimientos de micronutrientes para una óptima respuesta inmunológica y productiva. Cabe señalar que los diferentes micronutrientes actúan sinérgicamente, están interrelacionados y son complementarios para una buena nutrición de los organismos. Entre los micronutrientes más estudiados y cuya relación con el sistema inmune ha sido más efectiva, están algunos ácidos grasos, vitaminas y minerales.

Al respecto, el rol de los ácidos grasos en la nutrición de peces ha sido ampliamente estudiado por las múltiples funciones que ellos ejercen. Entre las funciones más importantes para los ácidos Araquidónico (20:n-6), EPA (20:5n-3), di-homo-gamma Linoleico (20:3n-6) y DHA (22:6n-3), está el ser precursores de ciertas sustancias llamadas eicosanoides. Estos compuestos forman parte del sistema de defensa de los organismos y, por lo tanto, cumplen ciertos roles fisiológicos tales como la resistencia a ciertos estímulos de estrés, la respuesta inmune y actúan en algunos procesos inflamatorios (Rowley *et al.*, 1995).

Numerosos estudios han mostrado evidencia que un desbalance de estos ácidos grasos puede llegar a provocar efectos adversos sobre el sistema inmune en peces de cultivo. Así, una alta o baja acumulación de ácidos grasos puede ser un indicio de la capacidad de los peces de soportar ciertas situaciones de estrés o tener una mayor o menor susceptibilidad a contraer enfermedades. La

mayoría de los estudios señalan que los n-3 PUFA, no sólo son esenciales en los peces para un óptimo crecimiento y aporte energético, sino también afectan la eficacia del sistema inmunológico y por lo tanto su susceptibilidad a contraer enfermedades.

Como ejemplo de lo anterior, si bien la trucha arco iris tiene la capacidad de elongar y desaturar ácidos grasos de cadena corta hacia ácidos grasos de cadena larga, éstos podrían satisfacer sus requerimientos de lípidos a partir de algunos aceites vegetales ricos en 18:2n6 y 18:3n-3. Sin embargo, no está claro si estos son suficientes para mantener una adecuada respuesta inmune en estos peces.

Bell *et al.* (2003), plantean como necesario realizar investigaciones que evalúen el posible impacto inmunosupresor de los aceites vegetales en la dieta y la necesidad de suplemento con ácidos grasos altamente insaturados (HUFA), incluyendo el ácido araquidónico, para restaurar una función inmune normal. Por esta razón, se requieren estudios que clarifiquen el rol de los lípidos dietarios, ya sea de origen vegetal o animal, sobre la respuesta inmune y la resistencia a la exposición de patógenos o a ciertos estímulos de estrés que ocurren en los cultivos comerciales. Lo anterior, debido a que existe una tendencia cada vez mayor a reemplazar aceites vegetales por aceites marinos, existiendo evidencias que señalan que el sistema inmune puede ser afectado negativamente, especialmente cuando se incorporan en la dieta aceites vegetales ricos en ácidos grasos de la serie n-6.

En el mismo sentido, los altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados en las dietas de salmonídeos generan la presencia de radicales libres, susceptibles de ocasionar daño celular a los distintos órganos de los peces. Los antioxidantes naturales, ciertas vitaminas (C y E) y algunos minerales ejercen acciones protectoras de desintoxicación sobre órganos como el riñón y el hígado (Kiron, *et al.*, 2004), mediante la quelación de estos radicales libres y otras toxinas exógenas. De hecho, los ácidos grasos poliinsaturados son los más propensos a la autooxidación y cuando esto ocurre el beneficio nutricional de los ácidos grasos se convierte en perjudicial para la salud de los peces. Se ha observado que la acción patológica de los lípidos oxidados se evita suplementando las dietas con Vitamina E (acetato de alfa tocoferol) lo cual contribuye a la estabilización de los ácidos grasos sensibles a la oxidación en el metabolismo celular (Puangkaew *et al.*, 2004).

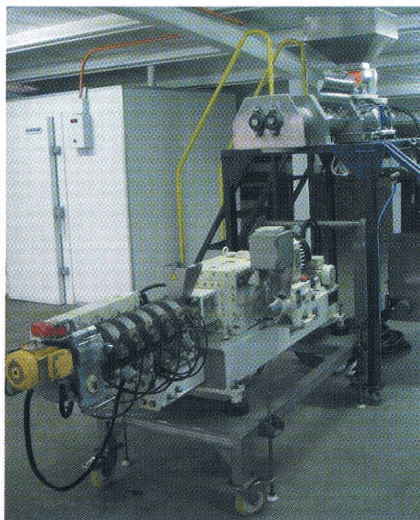


Figura 5. Extrusora doble tornillo utilizada para la fabricación de dietas experimentales en la planta piloto de la Universidad Católica de Temuco.



## APORTE DEL GRUPO DE NUTRICION EN ACUICULTURA DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO

El grupo de nutrición en acuicultura de la Universidad Católica de Temuco está compuesto por un equipo humano altamente calificado, que ha venido implementando en los últimos 10 años una plataforma de investigación y desarrollo (I+D), a través de la adjudicación de diferentes proyectos en el área de la nutrición de peces y una red de contactos con los principales grupos de nutrición de peces del Mundo. Esto ha permitido disponer de equipamiento, infraestructura y apoyos científicos de colaboración que han contribuido a incrementar las fortalezas en el grupo de nutrición de la UCT.

Entre las capacidades generadas, el grupo ha desarrollado un laboratorio de análisis de alimentos y materias primas con equipos de alta calidad y complejidad, contando además con técnicos especializados para la determinación de micro y macronutrientes (Figura 4) y unidades experimentales con estanques de diferentes tamaños para realizar ensayos de alimentación y digestibilidad (Figura 2 y 6).

Recientemente, el grupo de nutrición ha puesto en marcha una planta piloto para la fabricación de alimentos extruídos (Figura 5), concebida como una unidad experimental con infraestructura necesaria para el servicio en nutrición acuícola, dietas prácticas e investigación que desarrolle nuevos alimentos para la acuicultura. Esta planta ha sido equipada con capacidad para producir alimentos experimentales bajo condiciones similares a las de la industria de alimentos acuícolas. Se cuenta actualmente con un extrusor doble tornillo Clextral BC21 que posee una capacidad de 5-80 Kg/h, un aceitador al vacío Dinnissen 10VC para batchs de hasta 5 kg, un acondicionador a vapor y secador vertical COMIND de fabricación nacional; un molino de martillo Hund para granulometría de 300-500  $\mu\text{m}$ ; un molino ultracentrífugo ZM200 para granulometría de hasta 40  $\mu\text{m}$ ; una cámara refrigerante para almacenamiento de materias primas y dietas, además de diversas balanzas y equipos mezcladores.

El aporte de la plataforma de investigación en nutrición acuícola que ofrece la Universidad Católica de Temuco está al servicio del

desarrollo de una acuicultura sustentable, a través de la generación de conocimiento aplicado y la prestación de servicios nutricionales. Estas competencias, sumadas a los desafíos planteados por la comisión nacional de innovación para la competitividad en el cluster de acuicultura, permiten mirar con perspectiva los desafíos que el país requiere para retomar su posición de líder en el área acuícola.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CONICYT, el cual a través de los proyectos FONDEF D061033 y D061014, y del proyecto FONDECYT 1108020, y del Centro de Genómica Nutricional Agroauícola (CGNA) han aportado con algunas de las capacidades descritas en este artículo.

### REFERENCIAS

- Bell J. G., L. A. McEvoy, A. Estevez, R. J. Shields y J. R. Sargent. 2003. Optimising lipid nutrition in first-feeding flatfish larvae. *Aquaculture* 227: 211-220.
- Kiron, V., J. Puangkaew, K. Ishizaka, S. Satoh and T. Watanabe (2004). Antioxidant status and nonspecific immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed two levels of vitamin E along with three lipid sources. *Aquaculture* 234 (1-4): 361 -379.
- Lall, S.P. 2000. Nutrition and health of fish. *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México. pp. 19-22.
- Puangkaew, V. Kiron, T. Somamoto, N. Okamoto, S. Satoh, T. Takeuchi and T. Watanabe (2004). Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids *Fish & Shellfish Immunology*, 16(1): 25-39
- Rowley A.F., J. Knight, P. Lloyd-Evans, J. W. Holland y P. J. Vickers. 1995. Eicosanoids and their role in immune modulation in fish a brief overview. *Fish & shellfish immunology* 5(8):549-567.



Figura 6. Grupo de Nutrición en Acuicultura de la Universidad Católica de Temuco.